

Telítési talajkivonatok készítésének és kémiai elemzésének pontossága

CSILLAG JULIANNA

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talaj vízzeloldható sóinak mennyisége és minősége a szikes és öntözött talajok jellemzésére, a szikesedési és sziktelenedési folyamatok vizsgálatára, az öntözéssel esetleg együttjáró másodlagos szikesedési folyamatok előrejelzésére használt legfontosabb kémiai mutató. Meghatározására széles körben használt módszer a telítési talajpép folyadékfázisa (a telítési talajkivonat) kémiai elemzése. Fontos annak ismerete, hogy a telítési talajkivonat készítése és kémiai elemzése milyen hibával terhelt, hogy az adott kísérleti körülmények között a sótartalomban és sóösszetételben észlelt változások meghaladják-e a kísérleti hibákat. Ennek érdekében vizsgálatokat végeztünk a telítési kivonat készítése és kémiai elemzése pontosságának meghatározására.

A talaj folyadékfázisában oldott sók összes koncentrációja közelítőleg a telítési talajpép elektromos vezetőképességének mérésével is megállapítható. Ezt a módszert WHITNEY és MEANS (1897) már a múlt század végén alkalmazta; hazánkban nem sokkal később SIGMOND (1902) vezette be. Ma is világszerte használják helyszíni, vagy laboratóriumi talajvizsgálatoknál a sótartalom gyors, félkvantitatív, közelítő becslésére (DARAB és FERENCZ, 1969; DEWIS és FREITAS, 1970; RICHARDS, 1954). Ezzel a módszerrel az oldott sók minőségét és mennyiségi arányait nem határozhatjuk meg; ezekről a talajoldat, illetve a különböző talaj : víz arányú vizes talajkivonatok (köztük a telítési kivonat) kémiai elemzése ad képet.

A talajoldat kinyerésére rendelkezésre álló különböző laboratóriumi módszerek — a szerves oldószerekkel való kiszorítás, a centrifugálás, a nyomásmembrános készülékben, vagy hidraulikus présben történő kisajtolás (DARAB et al., 1956; SATO et al., 1981; SZKRÜNNIKOVA, 1977) — többnyire eszköz- és munkaigényesek, ezért rutinvizsgálatokra nem alkalmasak. A talajminta nedvességtartalmának növelésével a folyadékfázis elválasztása egyszerűbbé válik; a kivonat azonban egyre kevésbé reprezentálja a természetes nedvességállapotú talaj folyadékfázisát (RICHARDS, 1954). A nedvességtartalom növekedésével ugyanis — az egyszerű hígítási hatásból következő változásokon túlmenően — az oldott komponensek abszolút mennyisége és arányai eltolódnak a közepesen és gyengén oldódó sók oldódásában, a hidrolízis- és az ioncsere-egyensúlyokban bekövetkező változások miatt (BARON és TOKAREV, 1979; DARAB, 1976; DARAB és FERENCZ, 1969; DARAB et al., 1956; EATON et al., 1960; GILLMAN és BELL, 1978; KHASAWNEH és ADAMS, 1967; PAUL et al., 1966; RICHARDS, 1954; SONNEVELD és VAN DEN ENDE, 1971; TANJI et al., 1967; VAN DEN ENDE, 1968).

A telítési százalék az az optimálisnak nevezhető nedvességtartalom, melynél a folyadékfázis a szilárd fázistól még viszonylag könnyen elválasztható, ugyanakkor a kivonat kémiai összetétele — a rutinvizsgálatoknál alkalmazott tág (1 : 1, 1 : 5, 1 : 10) talaj : víz arányú vizes kivonatokkal összevetve — a leginkább megközelíti a talajoldatét (BEATTY és LOVEDAY, 1974; DARAB és FERENCZ, 1969; RHOADES, 1982; RICHARDS, 1954). A telítési százalék kapcsolatba hozható azokkal a nedvességtartalom-értékekkel, melyek a talajokat szántóföldi körülmények között jellemzik; értéke — a talaj mechanikai összetételétől és szervesanyag-tartalmától függően — közelítőleg a szántóföldi vízkapacitás kétszerese, illetve a holtvíztartalom négyszerese (BOWER és WILCOX, 1965; EATON et al., 1960; JACKSON, 1958; RICHARDS, 1954). A telítési kivonat kémiai elemzési adataiból ezért — figyelembe véve a nedvességtartalom különbözősége által okozott eltéréseket — egyes esetekben (pl. szulfátos, vagy kloridos sóösszetételű, könnyű mechanikai összetételű, jelentéktelen mennyiségű kicserélhető nátriumot tartalmazó szikes talajok esetén) következtetések vonhatók le a talajoldat kémiai összetételére (DARAB és FERENCZ, 1969; RICHARDS, 1954; TANJI et al., 1967; VÁRALLYAY és RÉDLYNÉ, 1976).

A telítési kivonat kémiai elemzésének módszerét a nagy sótartalmú szikes és öntözött talajok vizsgálatára a kaliforniai Szikes Laboratórium vezette be (RICHARDS, 1954) és standard módszerként terjedt el az angolszász országokban, majd a világ számottevő részén, így hazánkban is (DARAB és FERENCZ, 1969). (A telítési százalék jelölése SP a „saturation percentage” kifejezés alapján.) A módszer két lépésből áll:

1. a talajkivonat elkészítése, és

2. kémiai elemzése, azaz a kivonatban oldott ionok koncentrációjának, illetve aktivitásának meghatározása.

1. *A telítési talajkivonatot* — a telítési százaléknak megfelelő mennyiségű nedvességet tartalmazó — telítési talajpépből *készítjük*. A telítési százalékot empirikus módon, a vízzel telített, igen képlékeny, éppen tükröző felületű talajpépre jellemző standard fizikai állapot beállításával érjük el (DARAB és FERENCZ, 1969; RICHARDS, 1954). (Ekkor a talajpép víztartalma — 100 g talajra vonatkoztatva — a telítési százalék.) Értéke a talaj mechanikai összetételétől függően széles tartományban változik: könnyű mechanikai összetételű talajoknál 10—20%, nehéz mechanikai összetételűeknél 60—100%, a sok szerves anyagot tartalmazó tözegtalajoknál pedig 200% fölött is lehet (DEWIS és FREITAS, 1970; JACKSON, 1958; RICHARDS, 1954).

A telítési százalékhoz — fizikai tartalmát tekintve — nagymértékben hasonlít az Arany-féle kötöttségi szám (K_A), mely szintén egy adott konzisztenciaállapot (a képlékenységi felső határát jellemző „fonalpróba”) eléréséig felvett víz mennyiségét jelöli (ARANY, 1956). A hazai gyakorlatban jelenleg is, többnyire az ilyen nedvességtartalmú talajpasztát használják a talaj összes sótartalmának elektrometriás mérésére (BALLENEGGER és DI GLÉRIA, 1962).

A telítési pép szilárd- és folyadékfázisának elválasztása centrifugálással, valamint nyomás- vagy vákuumszűrőssel történhet. A kapott oldat mennyiségét a talaj mechanikai összetétele, valamint az elválasztás módja és ideje határozza meg. DEWIS és FREITAS (1970) különböző mechanikai összetételű talajok esetén megadja a — kémiai elemzéshez általában elegendő — 25—30 ml telítési kivonat vákuumszűrőssel történő kinyeréséhez szükséges bemérendő talaj mennyiségét. Vákuumszűrőssel és centri-

fugálással a talajhoz adott víz negyede-harmada nyerhető vissza (BOWER és WILCOX, 1965; CHESNIN és JOHNSON, 1950; RHOADES, 1982).

A telítési kivonat készítésével kapcsolatban a szakirodalom különböző elvi és gyakorlati problémákra hívja fel a figyelmet. VAN DEN ENDE (1968) megállapította, hogy a telítési százalék értéke — talajtípustól függően — 12—18%-kal nagyobb, ha nem légszáraz talajból, hanem kb. $pF=1,8$ -nak megfelelő (a szántóföldi vízkapacitásnál kicsit nagyobb) nedvességtartalmú talajmintából indul ki. JACOBBER és SANDOVAL (1971) a légszáraz talajszemcsék — örléssel és szitálással kialakított — méretének, valamint a vákuumszűrés intenzitásának, illetve idejének a telítési kivonat kémiai összetételére gyakorolt hatását vizsgálták. Azt tapasztalták, hogy a talajkivonat elektromos vezetőképessége nagymértékben nő a szemcseméret csökkenésével, különösen a nagyobb agyagtartalmú talajoknál.

Egyes talajoknál nehéz, esetleg lehetetlen a szokásos módszerrel (RICHARDS, 1954) jól definiált telítési állapotot elérni. A vizet igen kis erővel kötő, könnyű mechanikai összetételű talajok esetén állás közben gyakran szabad víztükör képződik a pép felületén (DEWIS és FREITAS, 1970; RHOADES, 1982). DEWIS és FREITAS (1970) kimutatta, hogy a nagy Na-telítettségű agyag- és vályog mechanikai összetételű talajok gyakran fokozatosan hig iszapszerű állapotot vesznek fel a víz adagolása során, a túltelítettségre jellemző szabad víztükör képződése nélkül. Ezekben az esetekben a telítési pép készítése nagy szubjektív hibával terhelt. RICHARDS (1954) szerint egyes nehéz mechanikai összetételű talajoknál a telítési százalék értéke 10%-ot is változhat a vízadagolás sebességétől és a keverések számától, tartamától függően. RICHARDS (1954) a lehető legkevesebb keverést ajánlja, különösen a benedvesítés kezdeti szakaszán. Ezzel elkerülhető a nehéz mechanikai összetételű talajoknál gyakori ragadóssá válás.

Ezekben az esetekben a szokásos módszer helyett többen a talaj más úton való benedvesítését ajánlják. ALLISON (1973) a telítési százaléknak megfelelő nedvességállapotot nem a száraz talaj fokozatos benedvesítésével éri el, hanem fordítva, a desztillált vízhez adagolja a légszáraz talajt („túltelítési”, angolul „oversaturation” módszer). A szokásos módszerrel kapott telítési százalék értékek valamivel nagyobbak, mint a túltelítési módszerrel kapott értékek. Az eltérés csak a nehéz mechanikai összetételű talajoknál jelentősebb (de a 6%-ot itt sem haladja meg); ezt a szokásos módszernél bekövetkező ragadóssá válás, és a vízmegkötő képesség velejáró változása okozhatja.

Mások a talaj kapilláris benedvesítését ajánlják, hogy a szokásos módszer szubjektív hibái elkerülhetők legyenek. LONGENECKER és LYERLY (1964) a légszáraz talajt jó szívóképeségű szűrőpapírból hajtogatott pohárba tették, melyet ezután desztillált vízzel telített itatóspapír tömbre állítottak. A szerzők szerint a talaj vízzel való telítődése során a vízdoldható sók nem kerülnek a tartóedény falába, hanem a mintában maradnak. A talajminta szemcseméretének (darálás, szitálás) egységesítését ennél a módszernél különösen fontosnak tartják, mivel a talajszemcsék mérete befolyásolja a talaj kapilláris úton való benedvesedését. LOVEDAY (1972) nem duzzadó talajok esetén a szemcseméret csökkenésével a vízfelvétel növekedését tapasztalta. A kapilláris benedvesítés módszerével — a módszer kidolgozói (LONGENECKER és LYERLY, 1964) szerint — igen jól reprodukálható, szubjektív hibával kevésbé terhelt eredmények kaphatók, ezért laboratóriumi rutinvizsgálatok tesztelésére is ajánlják. Könnyű és közepes mechanikai összetételű talajok esetén a hagyományos módszerrel

öt laboratóriumban meghatározott telítési százalék értékek átlaga jól egyezett a kapilláris módszerrel kapott eredményekkel (az eltérés csak 1,7%, illetve 4,5%). Agyag mechanikai összetételű talajoknál az eltérés már jelentős (21%).

2. A telítési pépből nyert *telítési kivonat kémiai elemzése* pH- és elektromos vezetőképesség értékének, valamint ionkoncentrációjának meghatározásából áll. Az alkalmazandó analitikai módszereket úgy fejlesztették ki, hogy azok viszonylag kis oldattérfogat esetén is megfelelő pontosság elérését tegyék lehetővé. A talajoldat vizsgálatában már régebben is törekedtek félmikro-módszerek alkalmazására (REITEMEIER, 1943). A jelenleg használt elemzési módszereket talajkémiai kézikönyvek, talajvizsgálati módszerkönyvek és szabványok, valamint vízanalitikai kézikönyvek tartalmazzák (BALLENEGGER és DI GLÉRIA, 1962; BEATTY és LOVEDAY, 1974; BOWER és WILCOX, 1965; DARAB és FERENCZ, 1969; DEWIS és FREITAS, 1970; JACKSON, 1958; MÉM Ágazati Szabvány, 1978; RHOADES, 1982; RICHARDS, 1954; Standard Methods, 1980; WILSON, 1974). A kézikönyvek, illetve szabványok a meghatározások sorrendjét is megadják. Különösen fontos, hogy a pH, a lúgosság és a vezetőképesség mérését a friss oldatban végezzük.

A telítési talajkivonat me/l-ben kifejezett sókoncentrációja és standard körülmények között mért fajlagos elektromos vezetőképessége (mS/cm) közti közel lineáris összefüggés (RICHARDS, 1954; JOHNSTON et al., 1982) lehetővé teszi az oldatban levő kationok, illetve anionok összkoncentrációjának gyors, közelítő becslését. Az összefüggések leginkább a nagy sótartalmú, nem lúgos kémhatású talajkivonatok esetén alkalmazhatóak. A főleg Na^+ - és Cl^- -ionokat tartalmazó talajkivonatok esetében a sókoncentráció a vezetőképességnek kb. 8-szorosa; Ca^{2+} -, Na^+ -, SO_4^{2-} - és Cl^- -ionok együttes jelenlétekor kb. 10-szerese; ha pedig Ca^{2+} - és SO_4^{2-} -ionok dominálnak az oldatban, 12,5-szerese (DEWIS és FREITAS, 1970; JACKSON, 1958; JOHNSTON et al., 1982).

A telítési talajkivonatban — szikes és öntözött talajok esetén — leggyakrabban elemzett ionok: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} és Cl^- . A kationok közül a Ca^{2+} -ot többnyire atomabszorpciós, lángfotometriás módszerrel vagy komplexometriás titrálással határozzák meg, a Mg^{2+} -ot atomabszorpcióval vagy komplexometriás titrálással, a Na^+ -ot és K^+ -ot pedig lángfotometriás vagy atomabszorpciós méréssel.

Az anionok közül a CO_3^{2-} - és HCO_3^- -koncentráció külön-külön mérésére (ha ezek együtt vannak jelen az oldatban) nem rendelkezünk megfelelően pontos módszerrel. Csak összegük, a lúgosság mérhető pontosan. Ez egyaránt érvényes az indikátoros végpontjelzésű, és a — színes oldatoknál különösen előnyös — potenciometriás végpontjelzésű (RÉDLYNÉ, 1958) alkalimetriás titrálásra. Az, hogy a CO_3^{2-} és HCO_3^- abszolút koncentrációinak mérése nem megoldott, már régi gond (BENEDETTI-PICHLER et al., 1939). Többen a HCO_3^- -nak a titrálás során bekövetkező hidrolízisét inert só (pl. NaCl) hozzáadásával próbálják visszaszorítani (ERDEY, 1969; SCHULEK és SZABÓ, 1966), vagy a mért pH-ból és lúgosságból számítással következtetnek a $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$ arányra (HIRSCH, 1942; INCZÉDY, 1970; JENDOVICKIJ és MINKIN, 1985).

A Cl^- meghatározását általában csapadékos titrálással (indikátoros vagy potenciometrikus végpontjelzéssel) végzik, a SO_4^{2-} -koncentrációt pedig komplexometriás vagy jodometriás titrálással, gravimetriás vagy turbidimetriás módszerrel

mérik, de lehetőség van potenciometrikus titrálására is Pb-ionszelektív elektróddal (GOERTZEN és OSTER, 1972).

Amint az előbbiekből látható, a telítési pép készítésére, a telítési kivonat kinyerésére és elemzésére különböző módszerek állnak rendelkezésünkre, amelyeket a szakirodalom részletesen ismertet. Kevés irodalmi adat van azonban arról, hogy milyen pontossággal tudjuk elvégezni ezeket a vizsgálatokat. Különösképpen vonatkozik ez a kivonatkészítés pontosságára.

LONGENECKER és LYERLY (1964) 3 talajmintával 5 talajtani laboratóriumban vizsgálta meg a telítési százalék meghatározásának reprodukálhatóságát. Egyes laboratóriumok vizsgálati eredményei jól egyeztek, másoké között — különösen a nagy sótartalmú agyag mechanikai összetételű talajoknál — nagy eltéréseket tapasztaltak. LOVEDAY (1972) hangsúlyozza, hogy a telítési állapot, az SP-érték beállításának reprodukálhatósága nem jó: az egy személy által különböző alkalommal, illetve a több személy által egyidőben kapott eredmények jelentősen eltérhetnek egymástól. RHOADES (1982) szerint a telítési százalék beállításának reprodukálhatósága $\pm 5\%$. DARAB (1975) öt szikes talajmintából párhuzamosan 6—6 telítési kivonatot készített; a beállított SP-érték szórását (a 33%—58% tartományban) 0,3—1,8-nak találta.

A kémiai elemzések során elérhető pontosságról jóval több irodalmi adat áll rendelkezésünkre. Arról, hogy az elemzéseknél durva hibát nem követtünk-e el, és hogy az oldat lényeges összetevői közül mindnek az elemzését elvégeztük-e, néhány egyszerű, közismert összefüggés segítségével tájékozódhatunk. Ezek: a töltésmérleg-egyensúly; a koncentráció és a vezetőképesség; az oldat pH-ja, CO_3^{2-} - és HCO_3^- -koncentrációi; valamint ez utóbbiak és a Ca^{2+} -, Mg^{2+} -koncentrációk közti összefüggések (BOWER és WILCOX, 1965; DEWIS és FREITAS, 1970; RHOADES, 1982; Standard Methods, 1980).

Számszerű adatok a kémiai elemzések pontosságáról főleg vízanalitikai vizsgálatokkal kapcsolatban találhatók a szakirodalomban (HUME, 1967; Standard Methods, 1980). Mivel ezek a módszerek használatosak a talajkémiai laboratóriumokban is, a vizes talajkivonatok elemzésekor kapott adatok értékelésére jó összehasonlítási alapot nyújtanak. A telítési talajkivonat kémiai elemzése pontosságának meghatározására DARAB (1975) végzett részletes vizsgálatokat.

Az alábbiakban ismertetett kísérletekkel képet kívántunk kapni arról, hogy laboratóriumunkban milyen pontosságot tudunk elérni a telítési kivonat készítése és kémiai elemzése során. Célunk volt, hogy megállapítsuk e két munkafázisban fellépő véletlen hibák mértékét, és ezeket a szakirodalomban található adatokkal összevessük. A mintavétel hibájával, mely a kémiai elemzés hibájának többszöröse is lehet (DARAB, 1975), jelen munkában nem foglalkoztunk.

Anyag és módszer

Egy hortobágyi szologyos, kérges réti szolonyec talaj B_1 -szintjéből és egy Apajról származó szoloncsák talaj felső 20 cm-es rétegéből vett talajminta telítési kivonatait elemeztük. A hortobágyi talaj agyag mechanikai összetételű, telítési kivonata közel semleges kémhatású, és a kivonatban az anionok közül a Cl^- és SO_4^{2-}

dominál. Az apaji talaj homok mechanikai összetételű, telítési kivonata lúgos, karbonát-hidrogénkarbonátos összetételű. A kationok közül mindkét talaj telítési kivonatában a Na^+ dominál.

A telítési kivonatok készítését és kémiai elemzését a szokásos vizsgálati módszerrel végeztük (RICHARDS, 1954; DARAB és FERENCZ, 1969).

A telítési pépet úgy készítettük, hogy a légszáraz, 2 mm-es szitán átszitált talajmintát keverés közben addig telítettük desztillált vízzel, míg az jellegzetes állapotot nem mutatott: felülete a fényt csillogva verte vissza, a keveréshez használt porcelántál megdöntésekor a pép gyengén folyott, és a spatulához már nem tapadt, arról könnyen, egy tömegben csúszott le. A telítettség elérése után a talajpépet éjszakára lefedve állni hagytuk, majd ismét ellenőriztük telítettségi állapotát. (Elsősorban a kötöttebb hortobágyi talaj esetén, pótlólag vizet kellett keverni a talajpéphez, mivel az — a talaj duzzadása miatt — elvesztette képlékenységét, felülete nem fénylett).

Ezután az Intézetünkben kifejlesztett „sómérő” készülékben megmértük a talajpép elektromos vezetőképességét, illetve összes vízzoldható sótartalmának százalékban kifejezett értékét.

A telítési pép folyadékfázisát légkompresszorral ellátott Pasteur-Chamberlain készülékben, kerámiagyertyán keresztül, nyomás alatti szűréssel (4—5 bar) választottuk el.

A telítési kivonat kémiai elemzését a szokásos módszerekkel végeztük. Azonnal megmértük a szűrésnél lejött oldat pH-értékét (E-366 típusú Metrohm készülékkel, EA-120UX jelű kombinált üvegelektóddal), és elektromos vezetőképességét (OK-102/1 típusú Radelkis konduktométerrel, OK-9023 jelű harangelektóddal).

A CO_3^{2-} -, HCO_3^- - és Cl^- -koncentrációt egyazon oldatban mértük: a lúgosságot Warder módszere szerint, fenolftalein és metilvörös indikátor jelenlétében, 0,01 N H_2SO_4 -oldattal való titrálással határoztuk meg; a Cl^- -koncentrációt pedig a Mohr-féle csapadékos titrálással, K_2CrO_4 indikátor mellett, 0,01 N AgNO_3 -oldattal mértük. A SO_4^{2-} -koncentrációt BaCl_2 -oldattal történő lecsapás után, gravimetriás módszerrel határoztuk meg.

A Ca^{2+} és $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ meghatározását murexid, illetve eriokrómfekete T indikátor jelenlétében Komplexon III oldattal, komplexometriás titrálással végeztük. Megmértük a Ca^{2+} - és Mg^{2+} -koncentrációt PYE UNICAM SP 1900 atomabszorpciós spektrofotométerrel is, kettős kapilláris módszerrel, 0,2% LaCl_3 jelenlétében. A Na^+ és K^+ meghatározása lángfotometriásan FLAPHO-4 készülékkel történt.

A telítési kivonatok készítését és elemzését egy személy végezte. A párhuzamosan készített kivonatok számát, valamint az elemzések ismétléseinek számát minden esetben feltüntettük.

Az adatok értékelése és következtetések

Az adatok értékelése során a *pontosság* kifejezést a biometriában szokásos reprodukálhatóság értelemben használjuk: tehát a kis véletlen hibával terhelt mérést, vagy módszert nevezzük pontosnak (JÁNOSSY et al., 1966; Standard Methods, 1980). A mérés megbízhatóságához szükséges másik tényezővel, a torzítatlansággal, mely a

valódi értékkel való jó egyezést, a szisztematikus hibák elkerülését fejezi ki, e munkában nem foglalkoztunk.

Célunk a telítési talajkivonat készítésekor és kémiai elemzésekor fellépő hibák meghatározása volt. Először a telítési pép készítésének pontosságát állapítottuk meg — egy személy által végzett vizsgálattal — a hortobágyi talaj 10 mintáján. A telítési százalék értéke 79, beállításának szórása 1,4, a variációs koefficiens értéke 1,7% volt, ami közelítőleg megegyezik az irodalomban talált értékekkel (DARAB, 1975; RHOADES, 1982). A további kísérletek során csak egy talajmintán végeztük el a telítési százalék érték megállapítását, és a többi párhuzamos mérésnél azonos mennyiségű vizet adtunk a talajhoz. A kivonatkészítés hibája tehát elsősorban a keverés és szűrés által okozott bizonytalanságokat tartalmazza.

1. táblázat

A talaj összes sótartalma mérésének pontossága kísérletünkben (A), illetve irodalmi adatok (B) alapján

(1) Minták származási helye és száma	(2) Sótartalom, %	(3) s	CV %
A. Hortobágy n = 10	0,60	0,03	4,6
Apaj n = 14	0,30	0,01	3,6
B. GAMA (1973) n = 23 · 6	0,01 – 1,0	0,001 – 0,09	3,2 – 26,7

A telítési pép vezetőképessége alapján meghatározott összes sótartalom mérési hibáját a hortobágyi talajból készített 10 db és az apaji talajból készített 14 db telítési péppel vizsgáltuk. A sómérés általunk mért reprodukálhatósága a GAMA (1973) által egy kerges, illetve egy közepes réti szolonyec talajszelvény 11, illetve 12 mintájában 6—6 párhuzamos méréssel kapott szórás és variációs koefficiens értékek közé esik (1. táblázat).

A szolonyec talaj esetén meghatároztuk a telítési kivonat készítésének és elemzésének együttes hibáját és vizsgáltuk, hogy a kivonatkészítés és kémiai elemzés együttes hibája mennyivel nagyobb a kémiai elemzés hibájánál. Ezért a hortobágyi talajból 6 telítési kivonatot készítettünk, és mindegyiket a fent leírtak szerint egyszer elemeztük. (A 6 kivonatban mért adatok átlagértékeit és szórásait a 2. táblázatban tüntettük fel.) Ezután ugyanebből a talajmintából nagyobb mennyiségű telítési kivonatot készítettünk, és azt ugyanezekre az adatokra 8-szor elemeztük. (A táblázatban ezek átlagértékei és szórásai is megtalálhatók.) Az első esetben (a 6 kivonat egyszeri elemzésével kapott) adatok a telítési kivonatkészítés és a kémiai elemzés hibáját együttesen, a második esetben (az 1 kivonat 8-szori elemzésével) nyert értékek csak a kémiai elemzés hibáját tartalmazzák.

Az első esetben a pH- és az elektromos vezetőképesség értékekre kapott szórásokat összehasonlítottuk LONGENECKER és LYERLY (1964) adataival. A szerzők négy különböző mechanikai összetételű talaj esetén ötszörös ismétlésben mérték a telítési kivonatok pH-ját és elektromos vezetőképességét. (A telítési pépek víztartalma

2. táblázat

A telítési talajkivonat készítésének és kémiai elemzésének (1), illetve kémiai elemzésének (2) hibája a hortobágyi szolonyec talaj esetén

(1) Statistikai mutató	pH	EC mS/cm 25 °C	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
			me/l						
\bar{x}_1	7,27	4,64	1,34	2,72	48,55	0,36	1,30	13,77	39,63
\bar{x}_2	7,14	4,20	1,46	2,73	44,46	0,41	1,77	11,70	36,52
s_1	0,192	0,351	0,312	0,366	3,34	0,029	0,287	1,12	2,50
s_2	0,048	0,104	0,056	0,077	0,450	0,005	0,048	0,412	0,237
$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$	15,77	11,39	31,18	22,71	55,03	37,69	35,60	7,35	110,66
$n_1 = 6$		$F_{5\%} = 3,97$		$F_{1\%} = 7,46$		$F_{0,1\%} = 16,21$			
$n_2 = 8$									

— akárcsak kísérletünkben — egy-egy talaj esetén azonos volt.) 7,5—8,1-es pH-jú talajkivonatoknál a szórás 0,075—0,141 volt, valamivel jobb az általunk kapott 0,192-es értéknél. (A kapilláris módszerrel készített telítési kivonatokra többnyire ennél is kisebb szórást kaptak.) Az elektromos vezetőképesség 0,286—0,460 közti szórásértékei az általunk kapott szórást (0,351) „közrefogják”.

A hortobágyi talajnál — feltételezve, hogy az első és második esetben mért átlagértékek eltérése olyan kicsi, hogy az nem befolyásolja a módszer pontosságát — kifejeztük a szórásnégyzetek hányadosait, az F-értékeket (2. táblázat). A számított F-értékeket összehasonlítva az 5,7 szabadsági fokok mellett kapott F-hányados kritikus értékeivel, látható, hogy a kivonatkészítés és elemzés együttes hibája szignifikánsan nagyobb a kémiai elemzés hibájánál.

Ahhoz, hogy a két tényező hatását szétválasszuk, az apaji talaj esetén a kísérletet úgy terveztük meg, hogy egytényezős varianciaanalízissel a talajkivonat-készítés és a kémiai elemzés hibáját külön-külön értékelhessük. 6 telítési kivonatot készítettünk, és mindegyikben 3-3 elemzést végeztünk a szokásos módon. (Az átlagértékeket a 6 oldat esetén a 3. táblázat felső részén tüntettük fel.) Az F-próba a pH, elektromos vezetőképesség, a Na⁺, a lúgosság és Cl⁻ esetén igazolta, hogy az elemzés hibája szignifikánsan kisebb, mint a kivonatkészítésé. Látható, hogy a kivonatok között még 0,1%-os szinten is szignifikáns különbség van, míg az egyes oldatokban végzett kémiai elemzések adatai nem különböznek szignifikánsan egymástól. (A kivonatok között fennálló szignifikáns különbség azonban gyakorlati szempontból elhanyagolható.) A Ca²⁺ és Mg²⁺ esetén a kivonatkészítés és az elemzés F-értékei közti különbség kisebb, ami azzal magyarázható, hogy ezek az ionok igen kis mennyiségben vannak jelen a lúgos kémhatású oldatokban, így a kémiai elemzés hibája viszonylag nagy. Ugyanez vonatkozik az igen kis koncentrációban jelenlevő K⁺-ra is. A CO₃²⁻ és HCO₃⁻ esetén az elemzés a HCO₃⁻ hidrolízise miatt bizonytalanabb. Ezeknél az ionoknál is megállapítható azonban, hogy a kivonatok elemzését pontosabban tudjuk végezni, mint a kivonatkészítést; ez valószínűleg más sótartalmú, sóösszetételű és mechanikai összetételű talajok esetén is fennáll. A SO₄²⁻-ionnál nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a kivonatok között sem.

3. táblázat

A telítési talajkivonat készítésének és kémiai elemzésének hibája az apaji szoloncsák talaj esetén

(1) Statistikai mutató	pH	EC mS/cm 25 °C	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
\bar{x}_1	8,99	4,02	1,54	1,98	48,70	0,35	30,32	10,13	20,19	13,99	11,00
\bar{x}_2	8,98	3,72	1,09	1,22	43,62	0,36	25,12	8,29	16,82	14,39	9,59
\bar{x}_3	9,01	3,78	1,28	1,28	45,36	0,32	27,08	9,70	17,38	12,67	9,88
\bar{x}_4	8,99	4,08	1,31	1,95	49,86	0,34	29,85	10,14	19,71	14,33	10,82
\bar{x}_5	9,00	3,83	0,99	0,80	44,35	0,26	25,16	8,98	16,18	13,76	9,50
\bar{x}_6	9,03	3,91	0,99	0,79	46,52	0,28	26,53	9,35	17,18	12,90	9,81

A. A varianciaanalízis MQ értékei:

a) Kivonatkészítés (FG=5)	$9,26 \cdot 10^{-4}$	$6,01 \cdot 10^{-2}$	0,138	0,843	18,10	$4,92 \cdot 10^{-3}$	15,37	1,54	8,08	1,58	1,25
b) Kémiai elemzés (FG=2)	$2,22 \cdot 10^{-5}$	$8,09 \cdot 10^{-4}$	0,121	0,357	3,22	$1,07 \cdot 10^{-4}$	0,026	1,14	1,24	1,97	0,014
c) Hiba (FG=10)	$4,22 \cdot 10^{-5}$	$1,56 \cdot 10^{-3}$	0,025	0,107	1,25	$9,39 \cdot 10^{-6}$	0,114	0,085	0,155	1,06	0,015
d) F arány (a)	21,92***	38,51***	5,57*	7,86**	14,56***	523,6***	135,1***	18,07***	52,18***	1,50 ⁻	80,51***
F arány (b)	0,53 ⁻	0,52 ⁻	4,88*	3,33 ⁺	2,59 ⁻	11,3**	0,23 ⁻	13,36**	8,04**	1,86 ⁻	0,89 ⁻

 $F_{(5,10)}: 0,1\%: 10,48 (***)$;

1%: 5,64 (**);

10%: 2,52 (+)

 $F_{(2,10)}: 14,91 (***)$;

7,56 (**);

4,10 (*);

2,92 (+)

4.

Kémiai elemzések pontossága telítési talajkivonatokban és mesterséges oldatokban

(1) Minta	(2) Muta- tók	pH	EC mS/cm 25 °C	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ca ²⁺	
				(3) komplexo- metriás titrálás- sal (mg/l)	(3) komplexo- metriás titrálás	(4) atomab- szorpció- spektro- foto- metriás

A. Kísérleti adatok

Hortobágy n = 8

a) Telítési talajkivonat

c	7,1	4,2	—	—	—	—
s	—	—	62,5	1,5	1,1	—
h	0,05	0,10	0,62	0,06	0,02	—
h	0,04	0,09	0,52	0,05	0,02	—
CV	—	2,5	1,0	3,8	1,9	—

b) Mesterséges oldat

c	7,2	4,7	—	—	—	—
c	—	—	62,9	1,25	—	—
s	0,04	0,05	0,86	0,11	—	—
h	0,03	0,04	0,72	0,09	—	—
CV	—	1,1	1,4	8,5	—	—

B. Irodalmi adatok

BOWER és WILCOX (1965)

a) Telítési talajkivonat

h	—	—	—	0,2	—	—
---	---	---	---	-----	---	---

HUME (1967)

b) Mesterséges oldat

c	—	—	187	5,2	—	—
CV	—	—	2,9	5,9	—	—
n	—	—	156	122	—	—

DARAB (1975)

a) Telítési talajkivonat

c	7,9–9,9	—	—	—	—	—
s	—	—	—	—	—	—
s	0,02–0,27	—	—	—	—	—

Standard Methods (1980)

b) Mesterséges oldat

c	7,3	0,3	—	—	—	—
s	—	—	190	5,4	—	—
s	0,13	—	—	—	—	—
CV	—	7,8	2,9	9,2	—	—
n	30	120	56	44	—	—

* komplexometriás titrálással; ** potenciometrikus titrálással

A kémiai elemzések pontosságát az is mutatja, hogy

— A töltésmérleg-egyensúly jól teljesül: a hortobágyi talaj esetében a kationok és anionok összkonzentrációjának eltérése átlagosan 2,5% (n = 14); az apaji talajnál pedig 3,5% (n = 18). (RHOADES (1982) 3–4% eltérést tart elfogadhatónak.)

— A fajlagos elektromos vezetőképesség (mS/cm) és a kationok illetve anionok összkonzentrációja (me/l) közti közelítő szorzófaktor a klorid-szulfátos sóösszetételű hortobágyi talaj esetén 11,5, a karbonátos apaji talajnál pedig 13 körüli érték.

— A pH és a CO₃²⁻, HCO₃⁻, valamint a Ca²⁺, Mg²⁺-koncentráció közti összefüggések az apaji talajnál jól láthatók (3. táblázat). A CO₃²⁻ jelenléte az oldatban

táblázat

kísérleti adatok (A), illetve irodalmi adatok (B) alapján

Mg^{2+}		Na^+	K^+	$CO_3^{2-} + HCO_3^-$	SO_4^{2-}		Cl^-	
(3) komplexo- metriás titrálás	(4) atomab- sorpció- spektró- fotome- triás	(5) lámfotometriás		(6) alkali- metriás titrálás (WARDER szerint)	(7) gravi- metriás	(8) turbidi- metriás	(9) argentometriás (MOHR szerint)	
							(10) indi- kátoros	(11) potencio- metrikus
módszerrel (me/l)								

—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,7	2,1	44,5	0,4	1,8	11,7	—	36,5	—
0,08	0,02	0,45	0,005	0,05	0,41	—	0,24	—
0,06	0,02	0,38	0,004	0,04	0,35	—	0,20	—
2,8	1,1	1,0	1,1	2,7	3,5	—	0,6	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,1	—	46,1	0,7	1,5	11,4	—	39,6	—
0,22	—	1,13	0,005	0,04	0,59	—	0,42	—
0,18	—	0,94	0,004	0,03	0,50	—	0,36	—
7,0	—	2,4	0,6	2,7	5,2	—	1,1	—
0,2	—	—	—	0,1	—	—	0,05	—
6,8	—	0,9	0,1	—	5,3	5,5	6,6	6,6
8,7	—	9,2	15,2	—	1,2	10,9	4,2	1,5
103	—	94	88	—	91	60	122	30
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	32,6—104,2	—	16,7—88,9	8,0—24,3*	—	3,9—23,5	—
—	—	0,4—7,5	—	2,8—11,9	1,0—8,9	—	0,7—10,2	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,02	0,9	0,1	1,2**	5,4	5,4	6,8	nem közlik
—	—	—	—	0,05	—	—	—	—
—	10,5	17,3	15,5	—	4,7	9,1	4,2	2,5
—	nem közlik	35	33	40	32	19	41	nem közlik

Megjegyzés: c: ionkoncentráció (átlagérték); s: szórás; h: konfidencia határ; CV: variációs koefficiens

együtt jár annak lúgos kémhatásával ($pH \geq 8,3$). A nagy CO_3^{2-} , HCO_3^- -koncentráció egyben maga után vonja a Ca^{2+} , Mg^{2+} -koncentráció csökkenését. (Az irodalmi adatok (BOWER és WILCOX, 1965; DEWIS és FREITAS, 1970; RHOADES, 1982; Standard Methods, 1980) szerint $pH > 9$ -nél ez utóbbiak összkoncentrációja ritkán több 2—3 me/l-nél.)

A 4. táblázatban összehasonlítottuk az általunk elért (nagyobb mennyiségű telítési kivonat 8-szori elemzésével kapott) és az irodalomban talált adatokat a kémiai elemzések pontosságáról. Sok esetben — különösen ha az adott ion koncentrációja nem volt nagyon kicsi — pontosabbak, véletlen hibával kevésbé terheltek voltak

eredményeink. A kis mennyiségben jelenlevő Ca^{2+} és Mg^{2+} komplexometriás meghatározása nem jól reprodukálható; látható, hogy a variációs koefficiens értékek az atomabszorpciós módszernél kapott értékeket meghaladják. Ilyen esetekben tehát csak az atomabszorpciós mérés szolgáltat kis véletlen hibával terhelt mérési adatokat. Az irodalmi adatokból (HUME, 1967; Standard Methods, 1980) látható, hogy a SO_4^{2-} gravimetriás meghatározása pontosabb, mint a turbidimetriás módszer, a Cl^- esetén pedig a Mohr-szerinti csapadékos meghatározásnál a potenciometrikus titrálást találták jobban reprodukálhatónak, mint az indikátoros titrálást.

A talajkivonatokhoz hasonló kémiai összetételű mesterséges oldatok elemzésével azt is kimutattuk (4. táblázat), hogy ezekben — a kis mennyiségben jelenlevő Ca^{2+} és Mg^{2+} kivételével — a mérések hibája többnyire nem különbözik lényegesen a talajkivonatok elemzésekor fellépő hibáktól.

Összefoglalás

Módszertani kísérleteket végeztünk a — szikes és öntözött talajok vizsgálatában fontos szerepet játszó — telítési talajkivonat készítése és kémiai elemzése során elkövetett véletlen hibák nagyságának meghatározására.

Két különböző sóösszetételű szikes talajjal végzett kísérleteink eredményei alapján megállapítottuk, hogy laboratóriumunkban a telítési talajkivonat készítését (ezen belül a telítési százalék értékének megállapítását) és a telítési talajpép elektromos vezetőképességének (a talaj összes vizoldható sótartalmának) mérését az irodalomban közölt adatokhoz hasonló pontossággal végezzük. A telítési talajkivonat kémiai elemzését (kémhatásának, elektromos vezetőképességének, valamint Ca^{2+} -, Mg^{2+} -, Na^+ -, K^+ -, CO_3^{2-} -, HCO_3^- -, SO_4^{2-} - és Cl^- -koncentrációinak meghatározását) szintén jól reprodukálhatóan végezzük, sok esetben az irodalomban általában megadott adatoknál is pontosabban.

A klorid-szulfátos sóösszetételű szolonyec talaj esetén számszerűen megadtuk a telítési talajkivonat készítésének és kémiai elemzésének együttes hibáját. A szódás szoloncsák talajjal végzett kísérlettel kimutattuk, hogy a telítési talajkivonat kémiai elemzése során elkövetett véletlen hibák nagysága szignifikánsan kisebb, mint a kivonatkészítésé.

A közölt adatok felhasználhatók annak megállapítására, hogy a fentiekhez hasonló kémiai összetételű talajok esetén a sótartalomban és a sóösszetételben észlelt változások meghaladják-e a mérési hibákat.

Irodalom

- ALLISON, L. E., 1973. Oversaturation method for preparing saturation extracts for salinity appraisal. *Soil Sci.* **116**, 65—69.
- ARANY S., 1956. A szikes talaj és javítása. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- BALLENEGGER R. & DI GLÉRIA J. (Szerk.), 1962. Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.

- BARON, V. A. & TOKAREV, N. I., 1979. Raszcsoť ravnoveszno szosztava pocsvennovo rasztvora i tvjordoj fazü szolej po dannüm vodnoj vütjazski. Pocsvovedenie. (4) 37—45.
- BEATTY, H. J. & LOVEDAY, J., 1974. Soluble cations and anions. In: Methods for analysis of irrigated soils. (Ed.: LOVEDAY, J.) Techn. Comm. No. 54. Commonwealth Bureau of Soils. 108—117. Wilke and Co. Ltd., Clayton, Victoria, Australia.
- BENEDETTI-PICHLER, A. A., CEFOLA, M. & WALDMAN, B., 1939. Warder's method for the titration of carbonates. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 11. 327—332.
- BOWER, C. A. & WILCOX, L. V., 1965. Soluble salts. In: Methods of soil analysis. (Eds.: BLACK, C. A. et al.) 933—951. Am. Soc. Agron., Madison, Wisc.
- CHESNIN, L. & JOHNSON, W. C., 1950. Application of centrifugal force to obtain a saturation extract of soil suitable for flame photometric analysis. Soil Sci. 69. 497—498.
- DARAB, K., 1975. Methods for investigation of sodium compounds and sodium hazard of soils. In: Int. Symp. on New Dev. in the Field of Salt Affected Soils, Cairo, 1972. 439—446. Min. of Agric., Cairo.
- DARAB, K., 1976. Laboratory analyses of soils related to the prognosis and monitoring of salinity and alkalinity. Soils Bulletin No. 31. 147—157. FAO, Rome.
- DARAB K. & FERENCZ K., 1969. Öntözött területek talajterképezése. OMMI. Budapest.
- DARAB K., KISS K. & MEDVEGY J., 1956. A talajoldat vizsgálatának módszerei tisztántúli szikes talajainknál. Agrokémia és Talajtan 5. 395—404.
- DEWIS, J. & FREITAS, F., 1970. Physical and chemical methods of soil and water analysis. Soils Bulletin. No. 10. FAO, Rome.
- EATON, F. M., HARDING, R. B. & GANJE, T. J., 1960. Soil solution extractions at tenth-bar moisture percentages. Soil Sci. 90. 253—258.
- ERDEY L., 1969. Bevezetés a kémiai analízisbe. Tankönyvkiadó, Budapest.
- GAMA, B. M., 1973. The error of analysis in quick testing of salinity & alkalinity. Int. Post-Graduate Course on Soil Salinity & Alkalinity. Budapest. (Kézirat)
- GILLMAN, G. P. & BELL, L. C., 1978. Soil solution studies on weathered soils from tropical North Queensland. Aust. J. Soil Res. 16. 67—77.
- GOERTZEN, J. O. & OSTER, J. D., 1972. Potentiometric titration of sulfate in water and soil extracts using a lead electrode. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36. 691—693.
- HIRSCH, A. A., 1942. A slide rule for carbonate equilibria and alkalinity in water supplies. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 14. 943—946.
- HUME, D. N., 1967. Analysis of water for trace metals. In: Equilibrium concepts in natural water systems. (Ed.: STUMM, W.) 30—44. Adv. Chem. Ser. No. 67., Am. Chem. Soc., Washington.
- INCZÉDY J., 1970. Komplex egyensúlyok analitikai alkalmazása. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.
- JACKSON, M. L., 1958. Soil chemical analysis. Prentice—Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- JACOBBER, F. & SANDOVAL, F., 1971. Effect of soil grinding, suction, and extraction time on salt concentration of saturation extracts. Soil Sci. 112. 263—266.
- JÁNOSSY A., MURAKÖZI T. & ARADSKY G. (Szerk.), 1966. Biometriai értelmező szótár. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- JENDOVICKIJ, A. P. & MINKIN, M. B., 1985. O vzaimnom vlijanii asszociat — ionnovo i protonnovo ravnoveszij karbonatnoj szisztémü pocsvennüh rasztvorov. In: Modelirovanije pocsvennüh processzov. Szbornik naucsnuh trudov. 114—121. A. N. SzSzSzR. Pucscino.
- JOHNSTON, C. D., WILLIAMSON, D. R. & TROTTER, C. L., 1982. Ionic composition and electrical conductivity relationships in soil water extracts from South-Western Australia. Land Resources Management Techn. Pap. No. 12. CSIRO. Melbourne, Australia.
- KHASAWNEH, F. E. & ADAMS, F., 1967. Effect of dilution on calcium and potassium contents of soil solutions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31. 172—176.

- LONGENECKER, D. E. & LYERLY, P. J., 1964. Making soil pastes for salinity analysis: a reproducible capillary procedure. *Soil Sci.* **97**. 268—275.
- LOVEDAY, J., 1972. Moisture content of soils for making saturation extracts and the effect of grinding. Division of Soils. Techn. Pap. No. 12. CSIRO, Canberra, A.C.T. Australia.
- MÉM Ágazati Szabvány, 1978. A talaj vízben oldható sóinak minőségi és mennyiségi meghatározása. Általános előírások. Kivonatok készítése; Laboratóriumi vizsgálatok. S 09, MSz-08. 0213/1; 2—78.
- PAUL, J. L., TANJI, K. K. & ANDERSON, W. D., 1966. Estimating soil and saturation extract composition by a computer method. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **30**, 15—17.
- REITEMEIER, R. F., 1943. Semimicroanalysis of saline soil solutions. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* **15**. 393—402.
- RÉDLY L-NÉ, 1958. Újabb módszerek a talajok vizes kivonatának elemzésére. *Agrokémia és Talajtan.* **7**. 271—280.
- RHOADES, J. D., 1982. Soluble salts. In: *Methods of soil analysis.* (Eds.: PAGE, A. L. et al.) 167—179. *Am. Soc. Agron., Madison, Wisc.*
- RICHARDS, L. A., (Ed.), 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.* USDA Handbook No. 60. USDA, Washington D. C.
- SATO, S. et al., 1981. Comparative studies on the chemical composition of soil solution in land used for various purposes. 2. Relationships between the pH of the soil solution and the methods for separating the soil solution. *Memoirs of the Faculty of Agriculture Hokkaido University.* Sapporo, Japan. **12**. 211—221.
- SCHULEK E. & SZABÓ Z. L., 1966. A kvantitatív analitikai kémia elvi alapjai és módszerei. Tankönyvkiadó, Budapest.
- SIGMOND E., 1902. A békéscsabai öntözött szikes réten végzett sómeghatározásokról. *Kísérletügyi Közlemények.* **5**. 47—69.
- SONNEVELD, C. & VAN DEN ENDE, J., 1971. Soil analysis by means of a 1 : 2 volume extract. *Plant and Soil.* **35**. 505—516.
- Standard methods for the examination of water and wastewater., 1980. American Public Health Association. **15**. Washington, D. C.
- SZKRÜNNIKOVA, I. N., 1977. Metodü isszledovanija himicseszkovo szosztava zsidkoj fazü pocsv. In: *Metodü sztacionarnovo izucsenija pocsv.* Izd. Nauka. A. N. SzSzSzR. 3—40.
- TANJI, K. K. et al., 1967. A computer method for predicting salt concentrations in soils at variable moisture contents. *Hilgardia.* **38**. 307—318.
- VAN DEN ENDE, J., 1968. Analysis of greenhouse soils by means of aqueous extracts. In: *Proc. of the VI-th Colloquium of the Int. Potash Institute, Florence, Italy.* 246—255., IPI, Berne.
- VÁRALLYAY GY. & RÉDLY L-NÉ, 1977. Különböző erővel kötött nedvességfrakciók kémiai összetételének vizsgálata. *Időszerű Öntözési Kutatások,* 1976. 39—42.
- WHITNEY, M. & MEANS, T. H., 1897. An electrical method of determining the soluble salt content of soils. *USDA Div. Soils, Bull. No. 8.*
- WILSON, A. L., 1974. *The chemical analysis of water. General principles and techniques.* Anal. Sci. Monograph. No. 2. The Soc. for Anal. Chem., London.

Érkezett: 1986. április 2.

Precision of the preparation and chemical analysis of soil saturation extracts

J. CSILLAG

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

Methodological experiments were carried out to determine the random errors of the preparation and chemical analysis of soil saturation extracts which play an important role in the investigation of salt affected and irrigated soils.

The results of experiments carried out on two alkali soils with different salt compositions indicated that the preparation of soil saturation extracts (including the determination of saturation percentage) as well as the measurement of the electrical conductivity of the soil saturation paste (i.e. the total water-soluble salt content of the soil) were made with precisions similar to those published in the literature. The chemical analysis of soil saturation extracts (the determination of their pH, electrical conductivity and Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} and Cl^- concentrations) were also carried out with good reproducibility, in many cases with greater precision than the data given in the literature.

In the case of the solonetz soil sample with chloride sulphate salt composition, numerical values were given for the combined error of the preparation and chemical analysis of the soil saturation extract. The experiment on the soda solonchak soil demonstrated that the random errors of the chemical analysis of the soil saturation extract were significantly lower than those arising in the course of its preparation.

The data presented can be used to decide whether changes observed in the salt content and salt composition of soils with a chemical composition similar to the above exceed the errors of the measurements or not.

Table 1. Precision of the measurement of the total salt content in the soil in the experiment (A) and on the basis of literature data (B). (1) Site of origin and number of samples. (2) Salt content, %. (3) Standard deviation, s.

Table 2. Error in the preparation and chemical analysis (1), or in the chemical analysis alone (2) of the soil saturation extract of the solonetz soil (Hortobágy). (1) Statistical index.

Table 3. Error in the preparation and chemical analysis of the soil saturation extract of the solonchak soil (Apaj). (1) Statistical index. A. MQ values of variance analysis. a) Extract preparation; b) Chemical analysis; c) Error; d) F ratio.

Table 4. Precision of chemical analysis in soil saturation extracts and artificial solutions on the basis of experimental (A) and literature (B) data. (1) Sample. a) Soil saturation extract; b) Artificial solution. (2) Statistical indexes. Methods: (3) EDTA titration; (4) Atomic absorption spectrophotometry; (5) Flame photometry; (6) Alkalimetric titration (after WARDER); (7) Gravimetry; (8) Turbidimetry; (9) Argentometric titration (after MOHR); (10) With indicator; (11) Potentiometrically. A. Experimental data. B. Literature data. * by means of EDTA titration; ** by means of potentiometric titration. Note: c: ion concentration (mean value); s: standard deviation; h: confidence limit; CV: coefficient of variation.

Точность приготовления и химического анализа насыщенных почвенных вытяжек

Ю. ЧИЛЛАГ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

Провели методические опыты для определения размеров случайных ошибок, сделанных в процессе приготовления и химического анализа насыщенных почвенных вытяжек, играющих важную роль в исследованиях засоленных и орошаемых почв.

По результатам опытов, проведенных с двумя засоленными почвами различного химизма, установили, что в наших лабораторных условиях приготовление насыщенных вытяжек (и из этого определение величины процентной насыщенности) и измерение электропроводности в насыщенной почвенной пасте (сумма солей) ведутся с точностью, подобной величинам указанным в специальной литературе. Также с хорошей воспроизводимостью проводят химический анализ насыщенных почвенных вытяжек (определение реакции среды, электропроводности, а также концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} и Cl^-), во многих случаях с более высокой точностью, чем указано в специальной литературе.

Для хлоридно-сульфатного солонца численно дали общую ошибку, вытекающую из приготовления насыщенной почвенной вытяжки и её анализа.

В опытах с содовым солончаком показали, что размер случайных ошибок, допускаемых при химическом анализе насыщенных почвенных вытяжек, достоверно ниже, чем при приготовлении вытяжек.

Полученные данные могут быть использованы для установления того, превышают ли изменения содержания и состава солей в почвах подобного химизма ошибки измерений.

Табл. 1. Точность измерения общего содержания солей в почве в наших опытах (А) или на основании литературных данных (В). (1) Место взятия образцов и номер. (2) Содержание солей, %. (3) Рассеивание, s.

Табл. 2. Ошибка, получаемая при приготовлении насыщенной почвенной вытяжки и химическом анализе (1) или химическом анализе (2) для солонца (Хортобадь). (1) Статистический показатель.

Табл. 3. Ошибка приготовления насыщенной почвенной вытяжки и химического анализа для солончака (Апай). (1) Статистический показатель. А. Величины MQ вариационного анализа. а) Приготовление вытяжки; б) Химический анализ; с) Ошибка; d) Соотношение F.

Табл. 4. Точность химических анализов насыщенных вытяжек и искусственных растворов на основании данных опыта (А) и литературных данных (В). (1) Образец. а) Насыщенная вытяжка; б) Искусственный раствор. (2) Показатели. Методы: (3) Комплексометрическое титрование; (4) Атомноабсорбционная спектрофотометрия; (5) С помощью пламенного фотометра; (6) Алкалометрическое титрование (по ВАРДЕР); (7) Гравиметрическое определение; (8) Турбидиметрия; (9) Аргентометрически (по МОХР); (10) Индикаторный метод; (11) Потенциометрически. А. Данные, полученные в опытах. В. Литературные данные. * комплексометрическим титрованием; ** потенциометрическим титрованием. *Примечание:* с: ионная концентрация (средняя величина); s: рассеивание; h: граница конфиденции; CV: вариационный коэффициент.